

## 抗原减弱 AB 亚型的血清学表型与基因检测

陈琳<sup>1</sup>, 陈清宙<sup>2</sup>, 史景莉<sup>1</sup>, 戴豫宛<sup>1</sup>, 崔翠云<sup>1</sup>, 燕备战<sup>1</sup>

1. 河南省人民医院输血科 郑州大学人民医院, 河南 郑州 450003;

2. 郑州大学第一附属医院检验科, 河南 郑州 450052

**【摘要】** 目的 鉴定血清学正定型 A、B 抗原减弱或丢失的疑难血型。方法 收集 2021—2022 年河南省人民医院 A 或 B 抗原减弱的标本, 血清学常规采用 ABO、RhD 血型鉴定微柱凝胶卡式法, 基因检测采用序列特异性引物-聚合酶链式反应(PCR-SSP)和 Sanger 测序两种方法, 扩增 ABO 等位基因 1~7 外显子。结果 血清学方法 8 例标本正定型 A 或 B 抗原减弱或丢失, 反定型为 AB 型。PCR-SSP 法显示, 8 例标本均含有 A 和 B 抗原, 基因型为 AB 型。Sanger 测序显示 8 例标本有 7 个共有的突变位点; 与 A1.01/B.01 基因型相比, A1.02/B.01 特异性突变位点为 c.467C>T, A1.02/Bw.12 特异性突变位点为 c.278C>T、c.467C>T, A1.02/Bw.07 特异性突变位点为 c.467C>T、c.1055G>A, c.278C>T、c.467C>T 引起编码的第 93 位、156 位氨基酸由脯氨酸变成亮氨酸, c.1055G>A 引起第 352 位氨基酸由精氨酸变成谷氨酰胺。8 例标本中 1 例基因型为 A1.01/B.01, 1 例基因型为 A1.02/Bw.07, 2 例基因型为 A1.02/Bw.12, 4 例基因型为 A1.02/B.01。结论 PCR-SSP 基因型与 Sanger 测序基因型相一致, 结合血清学实验结果, 血型均为 AB 型。血清学方法结合基因检测能准确地鉴定血型, 保证输血的安全性和有效性。

**【关键词】** 抗原减弱; AB 亚型; 血清学表型; 基因检测

**【中图分类号】** R457 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-6350(2023)09-1276-05

**Serological phenotype and gene detection of antigen-weakened AB subtype.** CHEN Lin<sup>1</sup>, CHEN Qing-zhou<sup>2</sup>, SHI Jing-li<sup>1</sup>, DAI Yu-wan<sup>1</sup>, CUI Cui-yun<sup>1</sup>, YAN Bei-zhan<sup>1</sup>. 1. Department of Blood Transfusion, Henan Provincial People's Hospital (the People's Hospital of Zhengzhou University), Zhengzhou 450003, Henan, CHINA; 2. Department of Clinical Laboratory, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, Henan, CHINA

**【Abstract】 Objective** To identify difficult blood groups with weakened or lost antigens A, B in forward grouping of serological test. **Methods** The samples with weakened A or B antigens were collected in Henan Provincial People's Hospital from 2021 to 2022. The microcolumn gel cassette method was routinely used for the serological identification of ABO, RhD blood groups. Polymerase chain reaction-sequence specific primer (PCR-SSP) and Sanger sequencing were used for gene detection. Exons one to seven of the ABO alleles were amplified. **Results** A or B antigens of eight specimens were identified as weakened or lost by the forward grouping of serological test and as AB blood group by the reverse typing. The PCR-SSP method showed that eight samples all contained A and B antigens, and the genotype was AB. Sanger sequencing showed 7 common mutation sites in the 8 samples. Compared with A1.01/B.01 genotype, the specific mutation site(s) was (were) c.467C>T for A1.02/B.01, c.278C>T and c.467C>T for A1.02/Bw.12 genotype, c.467C>T and c.1055G>A for A1.02/Bw.07. c.278C>T, c.467C>T changed the coded 93rd and 156th amino acid from proline to leucine, and c.1055G>A changed the 352<sup>th</sup> amino acid from arginine to glutamine. Among the eight specimens, there were one case of genotype A1.01/B.01, one of A1.02/Bw.07, two of A1.02/Bw.12, and four of A1.02/B.01. **Conclusion** The genotype detected by PCR-SSP and Sanger sequencing is consistent, and the blood types are all AB combined with serological results. Serological method combined with genetic testing can accurately identify blood type, and guarantee the safety and validity of blood transfusion.

**【Key words】** Antigen-weakened; AB subtypes; Serological phenotype; Genetic testing

ABO 血型系统在临床输血中有重要意义, 血型包括 A、B、O、AB 四型, 由第 9 号染色体上的 ABO 等位基因和 H 基因控制 A、B、O 抗原的合成, 基因的多态性主要集中在第 6、第 7 外显子, 是由于其占编码区的大部分, 编码糖基转移酶的催化活性区域<sup>[1-2]</sup>。遗传、感染、

物理、化学等因素可引起 ABO 等位基因突变, 使编码的 A、B 抗原减弱或消失<sup>[3]</sup>。基因突变引起的疑难血型造成临床上患者的血型鉴定和输血困难, 血清学技术不能鉴定的血型需采用基因检测技术, 目前常用的血型基因检测方法如序列特异性引物 PCR-SSP 法和

基金项目: 河南省医学科技攻关计划项目(编号: LHGJ20210070)。

第一作者: 陈琳(1987—), 女, 主管技师, 主要研究方向: 输血免疫、基因检测。

通讯作者: 燕备战(1969—), 男, 主任技师, 主要研究方向: 输血免疫, 基因检测, E-mail: 1220230194@qq.com。

Sanger 测序法<sup>[4]</sup>。AB 型含有 A、B 两种抗原,基因突变引起的等位基因多样,有关 AB 两种亚型 B(A)、CisAB 的报道较多,其中 B(A)、CisAB 属于顺式遗传,A、B 等位基因在同一条 DNA 链上,关于其他亚型的报道较少<sup>[5-6]</sup>。本研究旨在通过基因检测技术探索 AB 其他亚型,为血型鉴定和安全输血提供可靠依据。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2021—2022 年间河南省人民医院 ABO、RhD 血型鉴定卡式法抗 A 或抗 B 凝集强度  $\leq 2+$ ,即 A 或 B 抗原表达减弱的 AB 型疑难血型,血清学实验正定型实验 A 或 B 抗原减弱甚至消失,反定型实验为 AB 型。收集到的 8 例标本编号为 1~8。

1.2 试剂与仪器 ABO 反定型红细胞试剂盒购自北京金豪制药股份有限公司,达亚美 ABO 正反定型、RhD 血型检测卡购自美国伯乐公司,荧光 PCR 法人类红细胞 ABO 血型基因分型试剂盒和 ABO 外显子测序试剂盒购自江苏中济万泰生物医药有限责任公司。IH-1000 全自动血型分析仪来自美国 BIO-RAD 公司,PCR 扩增仪购自美国 ABI 公司。

## 1.3 实验方法

1.3.1 血型的血清学实验方法 血型鉴定采用微柱凝胶卡式法,包括正定型实验、反定型实验和 RhD 血型鉴定。对于抗原消失的标本还需要做吸收放散实验确定有无 A 或 B 抗原,方法为将红细胞用生理盐水洗涤 5 遍后加入抗血清,4℃ 放置 1~2 h,间断震荡混匀,后将红细胞洗涤干净,置于 56℃ 样品孵育器进行放散实验,放散结束迅速离心收集放散液检测 A、B 抗原。

## 1.3.2 血型鉴定的基因检测

1.3.2.1 PCR-SSP 法基因检测 ABO 基因分型 (PCR-SSP 法)采用人类红细胞 ABO 血型基因分型试剂盒,该试剂盒用于检测人类红细胞基因组 DNA 中 ABO 血型的等位基因,包括 A、A205、B、OT、O1、O2 等,根据反应格局判定检测标本的基因型。实验委托江阴卫健委血型基因检测联合参比实验室,实验过程包括:(1)样本 DNA 的提取;(2)PCR 扩增等位基因;(3)PCR 扩增产物的检测:采用 3% 的琼脂糖凝胶电泳法,每孔加入 5  $\mu$ L 样品,0.5×TBE 缓冲液中电泳 30 min,产物条带与已知条带大小的 DNA marker 进行比较。

1.3.2.2 Sanger 测序基因检测 Sanger 测序采用 ABO 外显子测序试剂盒,也由江阴实验室依据试剂盒说明书操作,实验过程为:1、DNA 样本的提取;2、选用特异性引物,扩增 ABO 等位基因外显子;3、PCR 扩增产物纯化后进行测序。通过 PCR 法对第 1~7 外显子进行扩增,扩增产物进行序列测定,将测序结果与 ABO

等位基因数据库 ISBT、BGMUT 等比对分析判定其 ABO 基因分型。

## 2 结果

2.1 血型鉴定的血清学实验结果 本实验共收集了 8 例抗原减弱或丢失标本,血清学实验结果如表 1 所示,除 3 号标本,其他 7 个标本经微柱凝胶卡检测后,正定型实验均能检测到 A、B 抗原,但 A 抗原或 B 抗原表达减弱,反定型实验均为 AB 型。3 号标本进行 B 抗原的吸收放散实验后,检测出 B 抗原。依据血清学实验结果,正定型实验虽都存在 A、B 抗原,反定型实验为 AB 型,但仅依据血清学结果不能判定血型为 AB 型,也可能是亚型,需进一步结合基因检测结果综合判定血型。

表 1 血型鉴定的血清学结果

样本	血清学表型					
	抗 A	抗 B	抗 D	Ac	Bc	Ctrl
1	4+	2+	4+	-	-	-
2	3+	1+	3+	-	-	-
3	4+	-	4+	-	-	-
4	4+	1+	4+	-	-	-
5	4+	2+	3+	-	-	-
6	4+	2+	4+	-	-	-
7	4+	2+	4+	-	-	-
8	2+	4+	4+	-	-	-

2.2 血型 PCR-SSP 基因分型结果 经人类红细胞 ABO 基因分型试剂盒检测,结果如表 2 所示,8 个标本均表现为等位基因 A、B 阳性,等位基因 A205、OT、O1、O2 为阴性,基因分型结果判定血型均为 AB 型。

表 2 ABO 等位基因 PCR-SSP 法分型结果

序号	变异	检出结果
1	A	阳性
2	A205	阴性
3	B	阳性
4	OT	阴性
5	O1	阴性
6	O2	阴性

## 2.3 血型 Sanger 测序结果

2.3.1 血型 Sanger 测序的基因型 首先应用外显子检测试剂盒对 8 个标本的第 1~7 外显子进行 PCR 扩增,扩增后的产物进行测序,测序结果依据来自于国际输血学会 (ISBT) 数据、血型抗原基因突变数据库 (BGMUT)、文献报道等,运用生物信息学软件进行分析。测序基因型如表 3 所示。8 个 A 或 B 抗原减弱的标本共表现为 4 个基因型,1 号标本基因型为

A1.01/B.01, 2 号标本基因型为 A1.02/BW.07, 3, 4 号标本基因型为 A1.02/BW.12, 5、6、7、8 号标本基因型为 A1.02/B.01。

表 3 血型 Sanger 测序基因型

Table 3 Sanger sequencing genotype of blood type

样本	基因型
1	A1.01/B.01
2	A1.02/BW.07
3	A1.02/BW.12
4	A1.02/BW.12
5	A1.02/B.01
6	A1.02/B.01
7	A1.02/B.01
8	A1.02/B.01

### 2.3.2 血型 Sanger 测序的突变位点

2.3.2.1 共有突变位点 8 例标本以 A1.01 做为参考序列, ABO 等位基因测序有 7 个共同的突变位点 (表 4), 分别为 Exon6: c.297A>G, Exon7: c.526C>G, c.657C>T, c.703G>A, c.796C>A, c.803G>C, c.930G>A, 外显子 6 上有 1 个同义突变位点, 外显子 7 上有 6 个突变位点, 既有同义突变又有错义突变, 碱基的同义突变不改变编码的氨基酸, 错义突变改变编码的氨基酸。第 7 外显子碱基 c.526C>G 的突变导致精氨酸变为甘氨酸, c.703G>A 碱基的突变使甘氨酸变成丝氨酸, c.796C>A 碱基的突变引起亮氨酸变为甲硫氨酸, c.803G>C 碱基的突变使编码的甘氨酸变为丙氨酸。

2.3.2.2 特异性突变位点 其他 7 例标本与 A1.01/B.01 相比, A1.02/B.01 基因型特异性突变位点位于第 7 外显子为 c.467C>T, A1.02/BW.07 基因型特异性突变位点位于第 7 外显子为 c.467C>T、c.1055G>A。A1.02/BW.12 基因型特异性突变位点分别位于第 6 和第 7 外显子为 c.278C>T、c.467C>T。c.278C>T 和 c.467C>T 即外显子第 278 位、467 位胞嘧啶突变为胸腺嘧啶, 编码的第 93 位、156 位氨基酸由脯氨酸变成

亮氨酸; c.1055G>A 为第 1 055 位鸟嘌呤突变为腺嘌呤, 编码的 352 位氨基酸由精氨酸变成谷氨酰胺。特异性突变位点的突变类型均为错义突变, 基因型为杂合。

表 4 Sanger 测序 7 个共同的突变位点

Table 4 Seven common mutation sites of Sanger sequencing

序号	突变位置	核苷酸改变	氨基酸改变	突变类型	基因型
1	Exon6	c.297A>G	P.=	同义突变	杂合
2	Exon7	c.526C>G	P.Arg176Gly	错义突变	杂合
3	Exon7	c.657C>T	p.=	同义突变	杂合
4	Exon7	c.703G>A	p.Gly235Ser	错义突变	杂合
5	Exon7	c.796C>A	p.Leu266Met	错义突变	杂合
6	Exon7	c.803G>C	P.Gly268Ala	错义突变	杂合
7	Exon7	c.930G>A	p.=	同义突变	杂合

2.3.3 亚型标志性突变点 ABO 等位基因外显子测序后对亚型标志性突变位点截图, 与 A1.02/B.01 相比 (图 1), A1.02/BW.07 亚型的标志性突变位点为 1055G>A, 密码子 CGG 突变为 CAG, 编码的氨基酸发生表 5 中的变化。A1.02/BW.12 亚型的标志性突变 (图 2) 为 278C>T, 密码子由 CCC 变为 CTC, 编码的氨基酸发生表 5 中的改变。

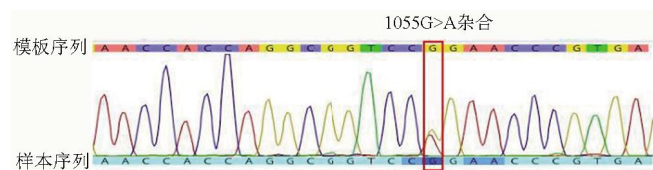


图 1 A1.02/Bw.07 亚型标志性突变点

Figure 1 Marked mutation point of A1.02/Bw.07 subtype

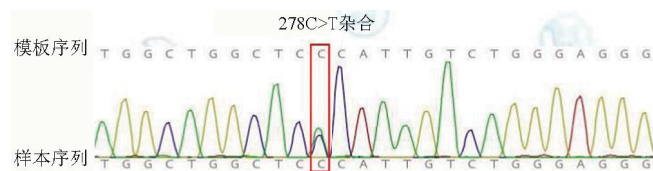


图 2 A1.02/Bw.12 亚型标志性突变点

Figure 2 Marked mutation point of A1.02/Bw.12 subtype

表 5 Sanger 测序特异性突变位点

Table 5 Specific mutation sites of Sanger sequencing

样本	突变位置	核苷酸改变	氨基酸改变	突变类型	基因型
A1.02/BW.07	Exon7	c.467C>T	p.Pro156Leu	错义突变	杂合
		c.1055G>A	p.Arg352Gln	错义突变	杂合
A1.02/BW.12	Exon6	c.278C>T	p.Pro93Leu	错义突变	杂合
	Exon7	c.467C>T	p.Pro156Leu	错义突变	杂合
A1.02/B.01	Exon7	c.467C>T	p.Pro156Leu	错义突变	杂合

### 3 讨论

据报道中国人人群中 A1.02 基因的表达比 A1.01 基因的表达高, 是 A 基因型中高表达的等位基因, 且 A1.02 翻译糖基转移酶的活力与 A1.01 相比无明显差

异<sup>[7]</sup>。本研究发现 8 例标本中也是 A1.02 等位基因常见, 与前学者的研究相一致, A 等位基因有 1 例为 A1.01, A 抗原凝集强度 4+, 其余 7 例均为 A1.02, A 抗原的凝集强度 2+~4+。在中国人群中, B101 是亚洲人

常见的 B 等位基因<sup>[8]</sup>。本研究 8 例标本中也是 B.01 等位基因常见, B 等位基因有三种, 分别为 B.01、Bw07、Bw12, 5 例标本 B 基因型为 B.01 等位基因, B 抗原凝集强度 2+~4+, 1 例标本 B 基因型为 Bw.07 等位基因, 血清学 B 抗原凝集强度 1+, 2 例标本 B 基因型为 Bw.12 等位基因, 血清学 B 抗原凝集强度分别为阴性(吸收放散实验 B 抗原阳性)、1+。本研究 8 例标本的血清学格局显示不同的等位基因编码的血型抗原, 其血清学表型可相同, 即使同一种 ABO 等位基因编码的血型抗原, 在不同个体其血清学凝集强度也可不同。血型抗原的凝集强度除了与疾病或编码区外显子的基因突变有关, 还与启动子、内含子等非编码调控区域的基因突变有关<sup>[9-11]</sup>。

在无锡地区献血者 ABO 亚型研究中, 张震等<sup>[12]</sup>发现 B 亚型多于 A 亚型, ABO 等位基因的多样性决定了 ABO 亚型的多样性。何保仁等<sup>[13]</sup>研究报道, 在南宁地区献血员中发现 AB 亚型 10 例, 基因型分别为 A101Bw11 (4 例)、A102Bw11 (1 例)、A102B108 (1 例)、A102/B101 (4 例), A102/B101 基因型 A 抗原的凝集强度为 2+, 吸收放散实验 A 抗原凝集强度为 3+。黄惠妮等人在 ABO 疑难血型的基因检测中报道了 4 例 AB 亚型, 分别为 A102/Bw11、A102/Bw12、A102/B303、A102/B101<sup>[14]</sup>。通过基因检测发现本实验室四种 AB 亚型, 分别为 A1.01/B.01 (1 例)、A1.02/B.01 (4 例)、A1.02/BW.07 (1 例)、A1.02/ABO\*BW.12 (2 例)。由上可推测不同地区人群 AB 亚型的基因型不全相同。

本研究中的 A1.02/B.01 与 A1.01/B.01 比较, 突变位点在 A1.02 等位基因第 467 位, 胞嘧啶(C)突变为胸腺嘧啶(T), 编码的第 156 位氨基酸由脯氨酸(Pro)变成亮氨酸(Leu)。与贾雯婷等人研究中提到的 A2 等位基因突变位点一致<sup>[15]</sup>。Bw 基因型, w 为 weak 的缩写, 顾名思义该基因型的 B 抗原表达较弱, 可能是由于 Bw 基因影响  $\alpha$  糖基转移酶的活性所致<sup>[16-17]</sup>。Bw07 等位基因为第 1055 位鸟嘌呤(G)突变为腺嘌呤(A), 编码的氨基酸由精氨酸(Arg)变成谷氨酰胺(Gln)。与文献报道的 ABw07 型突变位点一致, 反定型 B 细胞发生弱凝集<sup>[18-19]</sup>。本研究 2 号 ABw07 型并未发现反定型 B 细胞凝集, 说明 ABO 亚型即使基因分型相同, 亚型血清中抗体也可能不同, 有待进一步探究是否与疾病或非编码区基因突变有关。本研究发现 Bw12 等位基因由于第 278 位胞嘧啶(C)突变为胸腺嘧啶(T)产生, 编码的脯氨酸(Pro)变成亮氨酸(Leu)。与陈静思等<sup>[20]</sup>研究中报道的 Bw12 等位基因突变位点一致, 均引起 B 抗原的表达减弱。标本 3 中 Bw12 等位基因甚至引起 B 抗原丢失, 吸收放散实验方能检测到 B 抗原。

抗原表达减弱<sup>[21]</sup>。

对于正反定型一致抗原减弱的 AB 亚型, 可以选择输注 AB 红细胞或 O 洗涤红细胞, 若正反定型不一致抗原减弱 AB 亚型, 可输 O 型洗涤红, 非红细胞成分可输注 AB 型血浆、冷沉淀或血小板。近年来基因检测技术被广泛用来检测疑难血型, 从分子层面揭示疑难血型产生的本质是基因突变如单核苷酸突变、碱基缺失等<sup>[12]</sup>。对于疑难血型仅通过血清学技术易导致血型的误判, 将血清学技术与基因检测技术相结合, 才能准确鉴定血型, 保证输血安全<sup>[22]</sup>。

#### 参考文献

- [1] Su M, Zhao Q, Guo X, et al. Two cases of inconsistency between positive and negative stereotypes caused by new variation of ABO allele [J]. *Journal of Clinical Transfusion and Laboratory Medicine*, 2021, 23(4): 527-529.  
苏蔓, 赵倩, 郭霞, 等. ABO 等位基因新变异引起正反定型不符 2 例 [J]. *临床输血与检验*, 2021, 23(4): 527-529.
- [2] Liu L, Han B, Chi XY, et al. Serological and genetic characterization of CisAB/B blood sub-group: Analysis of two cases [J]. *Journal of Medical Molecular Biology*, 2022, 19(1): 47-50.  
刘丽, 韩斌, 迟晓云, 等. 2 例 CisAB/B 亚型的血清学和分子生物学研究 [J]. *医学分子生物学杂志*, 2022, 19(1): 47-50.
- [3] Mo HC, Li SN, Li H, et al. A study on serology and molecular biology of ABO subtypes in patients in Guangxi Zhuang Autonomous Region [J]. *Chinese Journal of New Clinical Medicine*, 2022, 15(8): 711-716.  
莫恒诚, 李思娜, 李豪, 等. 广西地区患者 ABO 亚型血清学与分子生物学研究 [J]. *中国临床新医学*, 2022, 15(8): 711-716.
- [4] Li H, Feng CC, Chen Q. The advances and application of ABO blood group genotyping technology—Review [J]. *Journal of Experimental Hematology*, 2022, 30(2): 622-626.  
李慧, 冯晨晨, 陈青. ABO 血型基因分型方法的进展与应用 [J]. *中国实验血液学杂志*, 2022, 30(2): 622-626.
- [5] Liu P, Wang WT, Shi L, et al. Research on serology and genetics of B (a)04 subtype and identification with other AB subtype [J]. *Chinese Journal of Clinical Laboratory Science*, 2021, 39(10): 776-779.  
刘鹏, 王伟涛, 石磊, 等. B(A)04 亚型血清学与分子生物学鉴定及与其他 AB 亚型的鉴别要点 [J]. *临床检验杂志*, 2021, 39(10): 776-779.
- [6] Shen YQ, Li J, Pan YF, et al. Identification and pedigree investigation of B(A) and cisAB blood groups [J]. *Chinese Journal of Blood Transfusion*, 2022, 35(7): 697-701.  
沈云青, 李京, 潘英芳, 等. B(A)与 cisAB 血型的鉴定分析及家系调查 [J]. *中国输血杂志*, 2022, 35(7): 697-701.
- [7] Ma XL, Ma HW, Jin XL, et al. Gene analysis of A antigen weakened phenotype [J]. *Journal of Zhengzhou University (Medical Sciences)*, 2017, 52(2): 191-193.  
马晓莉, 马宏伟, 金新莉, 等. A 抗原减弱表型的基因分析 [J]. *郑州大学学报(医学版)*, 2017, 52(2): 191-193.
- [8] Feng CC, Xiao JY, Shi LL, et al. Study on the identification of samples mistyped as O phenotype and the strategy of safe blood transfusion [J]. *Journal of Experimental Hematology*, 2021, 29(3):

- 910-916.  
冯晨晨, 肖建宇, 史丽莉, 等. 误判 O 型的疑难血型鉴定及安全输血策略的研究[J]. 中国实验血液学杂志, 2021, 29(3): 910-916.
- [9] Nam M, Kim TY, Hur M, et al. A variant allele with c.467C>T and c.784G>A is not a novel allele but ABO\*AW10 [J]. Transfusion, 2022, 62(4): 918-920.
- [10] Li XY, Hu JH, Cai J, et al. Serological and genotyping results of ABO subtypes in tumor patients [J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2021, 34(7): 708-712.  
李喜莹, 胡俊华, 蔡娟, 等. 肿瘤患者 ABO 亚型血清学与基因分型检测结果分析[J]. 中国输血杂志, 2021, 34(7): 708-712.
- [11] Liu F, Li G, Li J, et al. A Novel Mutation Eliminates GATA-1 and RUNX1-Mediated Promoter Activity in Galactosyltransferase Gene [J]. Transfus Med Hemother, 2022, 49(6): 331-337.
- [12] Zhang Z, Hong J, Xu YQ, et al. Serological and molecular genetic characteristics of ABO subgroups among blood donors in Wuxi [J]. Journal of Clinical Transfusion and Laboratory Medicine, 2021, 23(5): 644-647.  
张震, 洪俊, 徐钰茜, 等. 无锡地区无偿献血者 ABO 亚型血型血清学及分子生物学特征研究[J]. 临床输血与检验, 2021, 23(5): 644-647.
- [13] He BR, Liu JL, Liu XJ. Molecular genetics research on the ABO subtypes of the blood donors in Nanning region [J]. China Medicine and Pharmacy, 2021, 11(24): 30-33.  
何保仁, 刘金莲, 刘学军. 南宁地区献血人群 ABO 亚型的分子遗传学研究[J]. 中国医药科学, 2021, 11(24): 30-33.
- [14] Huang HN, Mo ZN, Liao XC, et al. Gene sequencing analyses of 10 ABO ambiguous blood group samples [J]. Journal of Experimental Hematology, 2022, 30(4): 1193-1197.  
黄惠妮, 莫柱宁, 廖湘成, 等. 10 例 ABO 疑难血型的基因测序分析[J]. 中国实验血液学杂志, 2022, 30(4): 1193-1197.
- [15] Jia WT, Shang JQ. One Case report of subtype Bw07/A102 [J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2020, 33(8): 839-841.  
贾雯婷, 尚锦青. Bw07/A102 亚型 1 例报告[J]. 中国输血杂志, 2020, 33(8): 839-841.
- [16] Yu H, Kim TY, Moon SJ, et al. Sequence variants in the proximal promoter and +5.8-kb site of ABO in Koreans with weak B phenotypes [J]. Vox Sang, 2022, 117(3): 442-446.
- [17] Yuan WJ, Chen QQ, Lin JJ. Identification of a variant Bw37 allele of the ABO gene [J]. Chinese Journal of Medical Genetics, 2022, 39(7): 777-779.  
袁雯婧, 陈芊芊, 林甲进. 一例 ABO 变异型 Bw37 等位基因的鉴定[J]. 中华医学遗传学杂志, 2022, 39(7): 777-779.
- [18] Han B, Liu PY, Feng ZH. Molecular biology analysis on c.1055G > A mutation in  $\alpha$ -1, 3 galactosyltransferase gene responsible for ABw07 phenotype in ABO blood subgroups [J]. International Journal of Blood Transfusion and Hematology, 2017, 40(1): 76-79.  
韩斌, 刘培燕, 冯智慧.  $\alpha$ -1, 3 半乳糖基转移酶基因 c.1055G>A 突变导致 ABO 亚型 ABw07 的分子生物学研究[J]. 国际输血及血液学杂志, 2017, 40(1): 76-79.
- [19] Meng QL, Gao Y, Duan Y, et al. Identification of the phenotype and genotype of an ABw sample in Chinese population [J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2012, 25(6): 547-549.  
孟庆丽, 高勇, 段莹, 等. 1 例 ABw 表型的血清学和基因型检测[J]. 中国输血杂志, 2012, 25(6): 547-549.
- [20] Chen JS, Yuan WJ, He BB, et al. Genetic identification and sequence analysis of three individuals of rare ABO variant Bw subgroup [J]. Chinese Journal of Medical Genetics, 2022, 39(9): 1021-1024.  
陈静思, 袁雯婧, 贺冰冰, 等. 三例罕见 ABO 变异型 Bw 亚型的基因鉴定及序列分析[J]. 中华医学遗传学杂志, 2022, 39(9): 1021-1024.
- [21] Yang SY, Zhou YA, Li C, et al. Genetic analysis of one ABO difficult blood group [J]. Chinese Journal of Birth Health & Heredity, 2019, 27(3): 287-288, 293, 254.  
杨书艳, 周永安, 李超, 等. 一例 ABO 疑难血型基因分析[J]. 中国优生与遗传杂志, 2019, 27(3): 287-288, 293, 254.
- [22] Wang QM, Wan L. Identification of ABO difficult blood groups of blood donors by serological method combined with genotyping technique [J]. Journal of Medical Information, 2021, 34(21): 72-76.  
汪全民, 万琳. 血清学方法结合基因分型技术鉴定献血者 ABO 疑难血型[J]. 医学信息, 2021, 34(21): 72-76.

(收稿日期:2023-02-10)